"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و پنجم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲

مقاله پژوهشی

فراتحلیل اثر عوامل زراعی بر تغییرات عملکرد و کیفیت ریشه چغندرقند (*Beta vulgaris* L.)

Meta-analysis of the effect of agronomic factors on root yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.)

سمر خیامیم[1]، حمید نوشاد[2]، بابک بابایی[3]، اباذر رجبی[4] و شهرام خدادادی[5]

چکیده

خیامیم، س.، ح. نوشاد، ب. بابایی، ا. رجبی و ش. خدادادی.۱۴۰۲. فراتحلیل اثر عوامل زراعی بر تغییرات عملکرد و کیفیت ریشه چغندرقند (*Beta vulgaris* L.). **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۵ (۳): ۳۲٤ -۳۱۰.**

به‌منظور ارزیابی اثر عوامل زراعی بر عملکرد و کیفیت ریشه چغندرقند، به‌ویژه محتوای سدیم ریشه، نتایج تحقیقات انجام شده در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند در ستاد موسسه و مراکز تحقیقاتی شهرستان‌های کشور در سال‌های ۱۳۷٦ تا ۱۳۹۹ جمع‌آوری و مورد تحلیل قرار گرفتند. بر این اساس نتایج ۳۳ گزارش نهایی مرتبط که دارای شاخص‌های مناسب از نظر تیمارهای مدیریت زراعی بودند، به‌صورت پایگاه داده‌ای شامل ٤٥۰ ردیف در ۲٦ ستون مورد استفاده قرار گرفتند. داده‌های متناظر با تیمارهای مورد ارزیابی از پایگاه داده استخراج و سپس نسبت واکنش، میانگین وزنی نسبت واکنش، انحراف معیار و اثرات معنی‌دار سهم هر یک از عوامل بر صفات کمی و کیفی ریشه چغندرقند محاسبه شدند. نتایج مطالعات فراتحلیل اثر عوامل زراعی طی ۲۳ سال تحقیقات نشان داد که اثر فاصله ردیف‌های کاشت، فاصله بوته‌ها روی ردیف، روش‌های آماده سازی خاک، نوع تناوب زراعی، تنش خشکی انتهای فصل، تنش خشکی متوسط و شدید بر محتوای سدیم ریشه اثر معنی‌داری نداشتند. تناوب زراعی باعث افزایش معنی‌دار (حدود ۱۷/۵درصد) و تنش خشکی ابتدای فصل، تنش خشکی انتهای فصل و تنش شدید خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد ریشه (به‌ترتیب ۲۱، ٤۲ و ۳۳ درصد) شدند. براساس نتایج فراتحلیل، در بین عوامل زراعی مورد ارزیابی، تناوب زراعی و مدیریت آبیاری دارای اهمیت بیشتری بوده و بنابراین با رعایت تناوب زراعی و مدیریت بهینه آب در طول فصل، می‌توان از کاهش عملکرد ریشه و قند قابل استحصال چغندرقند اجتناب کرد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، آماده سازی زمین، تناوب زراعی، چغندرقند، سدیم و عملکرد ریشه

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۴ این مقاله مستخرج از پروژه تحقیقاتی شماره ۹۸۰۴۵۳-۰۲۷-۰۲-۰۲-۲ مصوب موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند می‌باشد

۱- استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران (مکاتبه کننده: samar.khayam@gmail.com)

۲- استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳- استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۴- استاد موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۵- محقق موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

Meta-analysis of the effect of agronomic factors on root yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.)

Khayamim, S.[1], H. Noshad[2], B. Babaee[3], A. Rajabi[4] and Sh. Khodadadi[5]

ABSTRACT

Khayamim, S., H. Noshad, B. Babaee, A. Rajabi and Sh. Khodadadi. 2023. Meta-analysis of the effect of agronomic factors on root yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). **Iranian Journal of Crop Sciences. 25(3): 310-324. (In Persian).**

Introduction: Different environmental and genetic factors such as variety, climate, soil and agronomic practices factors are effective in increasing root sodium content and reducing the yield and quality of sugar beet roots. Therefore, in this research, using meta-analysis, the effect of these factors has been determined and agronomic practices for reducing the sodium content of the roots and increasing the quality of produced sugar. The purpose of this meta-analysis was to determine management practices with significant effects on yield and quality of sugar beet roots in Iran.

Material and Methods: This study was conducted on data collected from the experiments carried out at Sugar Beet Seed Institute (SBSI) in Karaj and Agricultural and Natural Resources Research and Education Center in different provinces in Iran for the period of 1997 to 2020. Data were analyzed from 33 final technical reports of research projects of the the experiment that had appropriate agronomic management treatments. The data and information of these reports were created as a database containing 450 rows in 26 columns. The corresponding data to the investigated treatments were considered from the database and then the reaction ratio, average of the reaction ratio, standard deviation and the significant effect of each factor on sugar beet root yield and quality traits were determined.

Results: The results of meta-analysis of agronomic practices factors in the period of 23 years of research showed that lack of irrigation in the early season after crop establishment caused significant decrease in root sodium content ($\alpha=0.05$). The effects of row and plant spacing, land preparation methods, crop rotation, late season moisture stress, mild and severe drought stresses, on root sodium content were not significant. Crop rotation caused significant increase in root, sugar and white sugar yields by 17.5%, 23.7% and 26.7%, respectively. Early and late season drought stresses and severe drought stress caused significant decrease in root yield by 21%, 42%, 33%, respectively. Reduction in white sugar yield were 18%, 43% and 32% under above mentioned drought stresses conditions.

Conclusion: The crop rotation of legumes-wheat-sugar beet compared to the conventional rotation of wheat-sugar beet increased sugar beet root yield by about 20%. The best method of soil preparation was detrmined as plowing or using sub-soiller in autumn and carrying out other operations including disc and furrower in spring. Increasing the planting row spacing to 60 cm caused significant decrease in root, raw sugar and white sugar yields by 6% to 10% due to the decrease in plant density. Changing plant spacing within rows from 20 cm to 15 cm did not have significant effect on sugar beet traits. Water deficit at the early season and after the establishment of sugar beet crop decreaseed the sodium content of sugar beet roots during the season, and also reduced root, sugar and white sugar yields, but the amount of yield reduction was lesser than drought stress at the end of season. Therefore, it is recommended to continue irrigation during the sugar beet technological ripening stage. Irrigation could be applied after 70% decrease of the soil moisture content to reduce water use without any significant reduction in root yield.

Key words: Crop rotation, Irrigation, Root yield, Sodium content, Soil preparation and Sugar beet

Received: October, 2023 **Accepted: February, 2024**

1. Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran (Corresponding author) (Email: Samar.khayam@gmail.com)
2. Assistant Prof., Sugar Beet Seed Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
3. Assistant Prof., Sugar Beet Seed Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
4. Professor, Sugar Beet Seed Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
5. Researcher, Sugar Beet Seed Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

مقدمه

چغندرقند یکی از مهم‌ترین گیاهان صنعتی است که همراه با نیشکر، منبع اصلی تولید شکر در کشور می باشد. محصول چغندرقند علاوه بر تولید شکر، به‌منظور تولید اتانول و اسید سیتریک نیز مورد استفاده قرار می گیرد. در حال حاضر ۲۹ کارخانه قند فعال در کشور وجود دارند که استحصال شکر از محصول چغندرقند بهاره و پاییزه را انجام می‌دهند. سطح زیر کشت چغندرقند بهاره و پاییزه در کشور ۱۱۳ هزار هکتار، عملکرد ریشه ۵۳ تن در هکتار، درصد قند ناخالص ۱۶ درصد و راندمان استحصال ۸۰ درصد گزارش شده است (ISFS, 2022).

محتوای سدیم ریشه و برگ چغندرقند به‌ترتیب ۰/۴۰ تا ۰/۱۱ درصد و ۰/۳ تا ۰/۹ درصد (براساس وزن خشک) گزارش شده و میانگین غلظت این عنصر در ماده خشک ریشه ۰/۸ و در برگ ۱/۴ درصد می‌باشد (Draycott and Christenson, 2003). دامنه قابل قبول محتوای سدیم ریشه چغندرقند برای برآورد قند ملاس بر اساس رابطه راینفلد (Reinefeld *et al*., 1974) ۰/۳۵ تا ۵/۴۸ میلی‌اکی والان سدیم در ۱۰۰ گرم خمیر می‌باشد. براساس نتایج یک تحقیق که روی ۹۱۳ نمونه مربوط به پنج آزمایش مقایسه ارقام چغندرقند طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۱ انجام شد، میانگین غلظت سدیم ریشه چغندرقند در کرج، مشهد، شیراز و میاندوآب به‌ترتیب ۲/۴۱، ۳/۰۶، ۶/۹ و ۲/۰۳، با میانگین ۳/۶ میلی‌اکی والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه بود که نشان دهنده تفاوت قابل ملاحظه بین مناطق از نظر غلظت سدیم ریشه چغندرقند است (Abdollahian Noghabi, 2004). طی سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۱، محتوای سدیم ریشه چغندرقند در ایستگاه مهندس مطهری کرج و در ارقام مختلف، یک تا ۸ میلی‌اکی والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه بود (Noshad *et al*., 2006). این درحالی است که میانگین غلظت سدیم ریشه در چهار کشور اروپایی طی سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۲، ۱/۴۵ میلی‌اکی والان گرم در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه گزارش شده است (Draycott, 2006). گزارش شده است که عدم رعایت تناوب زراعی، مصرف زیاد آب و روش آبیاری غرقابی، مهم‌ترین عوامل در افزایش جذب و غلظت سدیم ریشه چغندرقند هستند (Noshad and Khayamim, 2017). این موضوع نشان می‌دهد که عوامل مختلفی در افزایش محتوای سدیم ریشه و در نتیجه کاهش درصد قند و کیفیت چغندرقند موثر هستند که باید به دقت مورد توجه قرار داده شوند.

اصطلاح فرا تحلیل اولین بار توسط گلس (Glass, 1976) بکار برده شد. فراتحلیل روشی برای مقایسه آماری نتایج حاصل از مطالعات مستقل است که روی یک موضوع انجام شده‌اند. فراتحلیل نوعی پژوهش درباره سایر پژوهش‌ها است و با استفاده از آن می‌توان نتایج پژوهش‌های متعددی را که در مورد یک موضوع خاص انجام شده‌اند، مجددا مورد مطالعه قرار داده و به صورت آماری با یکدیگر مقایسه کرد (Gurevitch and Hedgh, 1999).

از گذشته تا حال آزمایش‌های متعددی در زمینه‌های مختلف مانند تاریخ کاشت، تراکم بوته، تیمارهای کودی، تنش‌های محیطی و غیره انجام شده است. هرچند هر کدام از این آزمایش‌ها به‌طور جداگانه ارزش ویژه‌ای دارند، ولی لازم است نتایج آنها به‌صورت آماری در کنار یکدیگر بررسی شوند تا بتوان به جمع‌بندی مناسبی در مورد اثر عوامل موثر بر تولید محصول رسید (Soltani and Soltani, 2014). فراتحلیل در علوم کشاورزی روش نسبتا جدیدی است که تاکنون کمتر به آن توجه شده و تعداد کمی از محققان به مطالعه فراتحلیل در علوم زراعی پرداخته‌اند (Lu *et al*., 2001; Valkama *et al*, 2008; Linquist *et al*, 2013; Huang *et al*, 2013; Wang *et al*., 2013).

در فراتحلیل مربوط به ۶۹ آزمایش مستقل روی گیاهان مختلف زراعی درباره تغییر روش خاک‌ورزی

از شیوه رایج به روش‌های بدون شخم مشخص شد که در اکثر موارد روش‌های بدون شخم تاثیری بر کربن آلی خاک نداشته و اثر نوع گیاه در افزایش محتوای کربن خاک موثرتر بود (Lu *et al*., 2001). در فراتحلیل نتایج ۴۱ مقاله منتشر شده با ۱۷۴۸ داده، اثر تغییر اقلیم تا سال ۲۰۵۰ روی هفت گیاه زراعی اساسی در اروپا شامل گندم، جو، برنج، ذرت، چغندرقند، سیب زمینی و چاودار مشخص شد که تغییر اقلیم باعث افزایش هشت درصدی میانگین کل محصولات خواهد شد. تغییر اقلیم برای گندم و چغندرقند به‌ترتیب باعث افزایش ۱۴ و ۱۵ درصدی عملکرد و برای ذرت باعث کاهش عملکرد خواهد شد (Knox *et al*., 2016).

در یک تحقیق فراتحلیل درباره آزمایش‌های اجرا شده در ایستگاه مهندس مطهری کرج طی ۱۵ سال روی تیمارهای آبیاری (تنش خشکی ابتدای فصل، تنش مداوم و تنش شدید)، روند تغییرات صفات ریشه چغندرقند مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی، عیار قند، نیتروژن مضره و محتوای پتاسیم ریشه نسبت به شاهد بدون تنش افزایش یافت، در مقابل تنش خشکی مداوم شدید باعث کاهش عملکرد ریشه (۳۵ درصد) و عملکرد شکر سفید (۲۲/۴ درصد) شدند (Taleghani, 2021). در یک تحقیق که به‌صورت فراتحلیل روند تغییرات عملکرد ریشه و شکر ژنوتیپ‌های چغندرقند در چند سال در کرج انجام شد مشخص گردید که افزایش عملکرد شکر ژنوتیپ‌های چغندرقند مشابه عملکرد ریشه بود. در سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۹۰، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۶ درصد تغییرات عملکرد شکر نسبت به روند عملکرد ریشه کمتر بوده و شیب منفی بین عملکرد ریشه و شکر در ارقام تجاری کمتر بود (Fasahat *et al*., 2021).

براساس نتایج تحقیقات انجام شده، عواملی مانند نوع رقم، اقلیم، خاک و عوامل مدیریتی بر افزایش جذب سدیم ریشه و کاهش کمیت و کیفیت ریشه چغندرقند موثر هستند، بنابراین در این تحقیق با استفاده از تجزیه فراتحلیل که یک روش کارآمد در مطالعات تحلیلی است، میزان تاثیر این عوامل مشخص شده و راهکارهای مدیریتی به‌زراعی جهت کاهش محتوای سدیم ریشه و افزایش کیفیت حصول ارائه شده است. هدف از این تحقیق فراتحلیل تعیین تیمارهای مدیریتی با اثرات معنی‌دار بر صفات کمی و کیفی ریشه چغندرقند بوده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی عوامل موثر بر محتوای سدیم و کمیت وکیفیت ریشه چغندرقند، از داده‌های ثبت شده در گزارش‌های نهایی سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۹ مربوط به آزمایش‌های مقایسه ارقام چغندرقند که در شرایط یکسان همراه با ارقام شاهد، در ایستگاه مهندس مطهری کرج و سایر مراکز تحقیقاتی شهرستان‌های کشور اجرا شده بودند، استفاده شد. بر این اساس فایل ۷۵۷ گزارش نهایی دریافت و مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت ۳۳ گزارش بر اساس تیمارهای آزمایشی مرتبط با موضوع تحلیل، انتخاب شدند. گزارش‌های مورد استفاده شامل تیمارهای تناوب زراعی، عملیات خاک ورزی و آماده سازی بستر کاشت، آبیاری (زمان و یا شدت وقوع تنش)، آرایش‌های کاشت، تراکم بوته، فاصله ردیف‌های کاشت و فاصله بوته‌ها روی ردیف بودند. داده‌ها از گزارش‌ها استخراج و به فایل اکسل انتقال داده شدند. بر این اساس، ابتدا یک فایل اکسل با ۲۶ ستون و ۴۵۰ ردیف به‌عنوان پایگاه داده‌های اصلی ایجاد شده و سپس برای هر تیمار، داده متناظر از پایگاه داده استخراج گردید.

برای اطمینان از صحت و کیفیت داده‌ها، ابتدا باید ارزیابی دقیقی از نظر عدم تجانس (هتروژنیتی) و سایر عوامل مهم موثر در تیمارها انجام شود تا بتوان نتایج تحقیقات نسبتا مشابه را انتخاب در فراتحلیل وارد کرد (Soltani and Soltani, 2014). ارزیابی عدم تجانس، بر اساس روش فراتحلیل متفاوت است، به‌عنوان مثال در

روش هج و اولکین (Hedges and Olkin, 1985) قبل از جمع آوری داده‌ها، جذر ریشه متغیرها محاسبه می‌شود، اما محاسبه Q درآزمون هتروژنیتی برای کمتر از ۱۰ و یا بیشتر از ۵۰ آزمایش دقت لازم را ندارد (Mikolajewicz and Komarova, 2019). بر این اساس در روش‌های فراتحلیل مانند استوفر (Stouffer, 1949) از این آزمون استفاده نمی‌شود. برای استخراج و وزن‌دهی به داده‌ها و ارزیابی ناهمگنی آن‌ها، مجددا فایل گزارش‌های نهایی مورد بررسی قرار گرفته و براساس روش استوفر، هتروژنیتی بر اساس شاخص Q محاسبه نشد. به‌عنوان مثال در آزمایش‌های مربوط به آبیاری، تیمارها بر اساس روش‌های مختلف آبیاری متجانس شدند. نتایج آزمایش‌هایی مورد استفاده قرار گرفتند که تکرار پذیر بوده و دارای تیمار شاهد بودند. با توجه به زیاد بودن حجم داده‌ها، آثار تیمارها روی عملکرد ریشه (RY)، عملکرد قند ناخالص (SY)، عملکرد قند خالص (WSY)، درصد قند ناخالص (Pol)، درصد قند خالص (WSC)، محتوای سدیم ریشه (Na)، ضریب استحصال شکر (ECS) و درصد قند ملاس (MS) در ارقام چغندرقند تجاری مورد ارزیابی قرار گرفتند.

برای فراتحلیل از روش استوفر در اکثر مطالعات زراعی و اکولوژیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده شد. در این روش اندازه اثر محاسبه شده (Osenberg *et al.*, 1999) و حدود اطمینان آن حول میانگین‌ها و یا شیب‌ها تعیین می‌شود (Soltani and Soltani, 2014). ابتدا نسبت واکنش (R) با محاسبه میانگین تیمارها به شاهد هر آزمایش محاسبه و سپس تبدیل لگاریتمی (Ln R) آن بدست آمد. در مرحله بعد نسبت واکنش وزن‌دهی شد (Ln R*Wi). در تخمین اندازه تأثیر، آزمایش‌های مختلف دقت‌های (اشتباه معیار) متفاوتی دارند، بنابراین قبل از فراتحلیل باید وزن‌دهی داده‌ها انجام شده و آزمایش‌هایی که دقت بالاتری دارند، وزن بیشتری نیز خواهند داشت. این موضوع باعث افزایش دقت اندازه تأثیر تخمین‌زده خواهد شد. برای وزن‌دهی آثار سال، تعداد مکان، تکرار و میانگین‌های سایر تیمارها در آزمایش مشخص شدند. در برخی از آزمایش‌ها میانگین مرکب داده‌ها در گزارش ارائه شده بود، بنابراین برای وزن‌دهی آثار فوق، تفکیک و محاسبه انجام و در وزن‌دهی مورد استفاده قرار گرفتند. میانگین وزن‌دهی لگاریتمی نسبت واکنش را که بیشترین دقت (کمترین واریانس) را ایجاد می‌کند، در رابطه ۱ ارائه شده است.

$$\overline{Ln\ R} = \sum(LnRi * Wi)/\sum(Wi) \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

$\overline{Ln\ R}$ میانگین وزن‌دهی نسبت واکنش، Wi: تعداد مشاهدات در هر آزمایش وLnRi: نسبت واکنش لگاریتمی هستند. پس از محاسبه انحراف معیار و میانگین وزنی هر آزمایش، حد اطمینان بر اساس انحراف معیار و تعداد مشاهدات در سطح احتمال پنج درصد تعیین و معنی‌داری اثر تیمارهای مختلف بر محتوای سدیم ریشه و سایر صفات کمی و کیفی ریشه مشخص شدند. برای محاسبات و رسم شکل‌ها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد. با توجه به اینکه تعداد مشاهدات برای هر آزمایش متفاوت بود، تعداد مشاهدات استفاده شده در هر آزمایش درجدول یک ارائه شده است. در شکل‌ها نقاطی به‌عنوان معنی‌دار در نظر گرفته شدند که انحراف استاندارد آن‌ها با صفر همپوشانی نداشتند (Soltani and Soltani, 2014).

نتایج و بحث

تراکم بوته

به منظور بررسی اثر فاصله ردیف‌های کاشت، تجزیه فراتحلیل با استفاده از نتایج ۱۸ آزمایش با تعداد ۳۴ داده برای صفات کمی و کیفی ریشه چغندرقند انجام شد. نتایج نشان داد که فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر در مقایسه با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر (شاهد)، اثر معنی‌داری بر صفات ریشه چغندرقند داشت. فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر، باعث کاهش معنی‌دار عملکرد

ریشه، عملکرد قند ناخالص و خالص (به‌ترتیب ۶، ۷ و ۱۰ درصد) شد (شکل ۱ و جدول ۱). در این فاصله ردیف محتوای قند ملاس به مقدار ۱۳ درصد و به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود. محتوای سدیم ریشه در این فاصله ردیف به‌ترتیب ۲۱ درصد بیشتر از شاهد و درصد قند ناخالص و خالص به‌ترتیب ۳ و ۶ درصد کمتر از فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود؛ هر چند که این تغییرات معنی‌دار نبودند. فاصله ردیف ۴۵ سانتی‌متر در مقایسه با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر، اثر معنی‌داری بر عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص و ناخالص، درصد قند خالص و ناخالص، قند ملاس، محتوای سدیم ریشه و راندمان استحصال چغندرقند نداشت (شکل ۱ و جدول ۱). با این وجود، درصد تغییرات این صفات نسبت به فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر کمتر بود، به‌طوری که عملکرد ریشه، قند ناخالص و قند خالص نسبت به فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر به‌ترتیب ۳، ۳ و ۲ درصد و محتوای سدیم ریشه ۷ درصد کاهش نشان دادند که این مقدار کاهش باعث کاهش نیم درصدی قند ملاس و افزایش ۰/۳ درصدی عیار قند خالص شد (شکل ۱ و جدول ۱). نتایج مربوط به تیمارهای فاصله ردیف کاشت نشان داد که فاصله ردیف ۴۵ سانتی‌متر با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر تفاوت معنی‌دار نداشت. فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر نیز نسبت به فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر برتری نداشت و ضمن کاهش معنی‌دار عملکرد ریشه، قند ناخالص و خالص، افزایش محتوای سدیم ریشه باعث افزایش میزان قند ملاس و کاهش قند قابل استحصال شد. بنابراین بهترین فاصله ردیف‌های کاشت برای چغندرقند، فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر شناخته شد. فاصله ردیف زیاد باعث کاهش تعداد و کاهش عملکرد ریشه شده و فاصله ردیف کم نیز ممکن است در برداشت ماشینی مشکل ایجاد کند (Grove *et al.*, 2018). انتخاب فاصله ردیف کاشت مناسب باعث ایجاد تراکم بوته مطلوب شده و در نتیجه رقابت‌های بین و درون گونه‌ای کاهش یافته و با استفاده بهینه گیاه از شرایط محیطی، عملکرد آن افزایش می یابد (Khayamim, 2022). نتایج تجزیه ۱۲ آزمایش با ۲۸ داده برای صفات گیاهی چغندرقند نشان داد که فاصله بوته ۱۵ سانتی‌متر در مقایسه با فاصله بوته ۲۰ سانتی‌متر (شاهد) باعث کاهش معنی‌دار عملکرد ریشه (چهار درصد) شد (شکل ۱). فاصله بوته ۱۵ سانتی‌متر باعث کاهش عملکرد قند ناخالص و خالص (به‌ترتیب ۳ و ۲ درصد) شد، اما این کاهش معنی‌دار نبود (شکل ۱ و جدول ۱). در فاصله بوته ۱۵ سانتی‌متر محتوای سدیم ریشه ۶ درصد و قند ملاس ۵ درصد کمتر از شاهد بود. میزان قند ناخالص یک درصد و میزان قند خالص ۳ درصد بیشتر از مقدار آن در فاصله بوته ۲۰ سانتی‌متر بود. کاهش فاصله بوته باعث افزایش تعداد بوته‌ها در واحد سطح و کوچک‌تر شدن اندازه ریشه‌ها می‌شود. این موضوع ضمن افزایش تراکم بوته باعث افزایش رقابت بین بوته‌ها شده و عملکرد ریشه کاهش می‌یابد (Khayamim, 2022). بنابراین بهترین فاصله بوته برای کشت چغندرقند، فاصله ۲۰ سانتی‌متر است.

تعداد آزمایش‌ها در مورد فاصله ردیف و فاصله بوته چغندرقند نسبت به سایر تیمارهای زراعی محدودتر بود. در فراتحلیل به روش استوفر حداقل تعداد آزمایش‌ها ۳۴ آزمایش است (Stouffer 1949). با این وجود در تجزیه فراتحلیل کشاورزی، از نتایج دو تا ۱۰۰۰ آزمایش استفاده شده است (Eskandar *et al.*, 2020)، اما با توجه به اینکه اساس این تحقیق آزمون T است و از این آزمون در شرایطی استفاده می‌شود که تعداد آزمایش‌ها کمتر از ۳۰ آزمایش باشد (Mikolajewicz and Komarova, 2019)، تعداد آزمایش‌های مورد استفاده در این تحقیق برای تجزیه فراتحلیل کافی بوده است. در فراتحلیل با تعداد آزمایش‌های بیشتر باید از مدل‌های پیچیده‌تری برای تلفیق داده‌ها، شناسایی کمبود داده و برآورد داده‌ها استفاده شود (Mikolajewicz and Komarova, 2019).

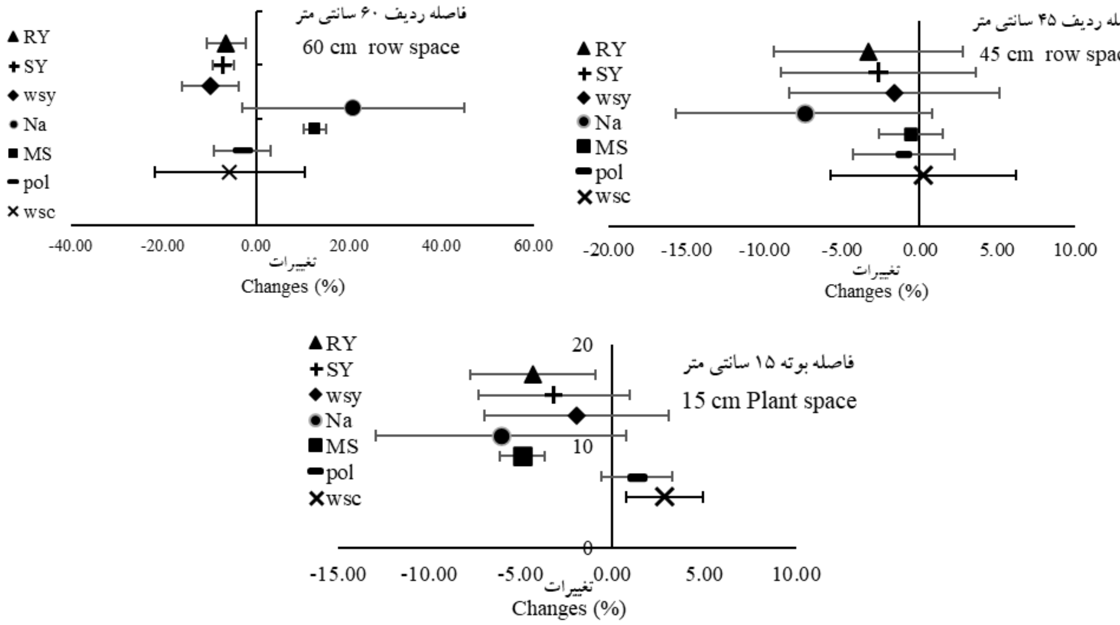
جدول ۱- نتایج فراتحلیل اثر عوامل زراعی بر عملکرد و کیفیت ریشه چغندرقند براساس نتایج آزمایش‌های انجام شده طی ۲۳ سال در نقاط مختلف کشور

Table 1 .Meta-analysis results for agronomic factors effects on root yield and quality of sugar beet during 23 years experiments in different regions of the country

		عملکرد ریشه Root yield (RY)		عملکرد قند ناخالص Sugar yield (SY)		عملکرد قند خالص White sugar yield (WSY)		سدیم ریشه Root Na content		راندمان استحصال ECS		قند ملاس Molasses sugar (MS)		درصد قند ناخالص Sugar content (Pol)		درصد قند خالص White sugar content (WSC)	
Agronomic treatments	تیمارهای زراعی	تعداد No	تغییرات Changes (%)	تعداد No	تغییرات Changes (%)	تعداد No	تغییرات Changes (%)	تعداد No	تغییرات Changes (%)	تعداد No	تغییرات Changes (%)	تعداد No	تغییرات Changes (%)	تعداد No	تغییرات Changes (%)	تعداد No	تغییرات Changes (%)
60 cm row space	فاصله ردیف ۶۰	34	-6.46*	34	-7.06*	34	-9.93*	16	21.01ns	-	-	16	12.74*	16	-2.91ns	16	-5.70ns
60 cm row space	فاصله ردیف ۴۵	34	-3.30ns	34	-2.60ns	34	-1.63ns	16	-7.38ns	-	-	16	-0.53ns	16	-0.98ns	16	0.26ns
15 cm plant space	فاصله بوته ۱۵	28	-4.36*	28	-3.19ns	28	-1.96ns	28	-6.09ns	-	-	20	-4.93*	28	1.33ns	28	2.82*
Rotation	تناوب زراعی	64	17.46*	64	23.70*	64	26.65*	64	13.08ns	-	-	64	-0.86ns	64	-2.25ns	64	-0.49ns
Soil preparation	آماده‌سازی خاک	188	-3.48ns	188	-4.92ns	96	-9.15*	188	-5.02ns	96	-1.04*	–	–	188	-1.50*	96	-4.34*
First season drought stress	تنش خشکی ابتدای فصل	328	-20.77*	328	-18.80*	328	-18.25*	328	-12.07*	312	0.36ns	328	0.37ns	328	2.03ns	328	2.08ns
Terminal drought stress	تنش خشکی انتهای فصل	304	-41.49*	304	-42.13*	304	-43.13*	304	10.38ns	288	-2.69*	304	6.91ns	304	-3.85ns	304	-6.41ns
Moderate drought stress	تنش خشکی متوسط	130	-11.87ns	130	-9.28ns	130	-8.40ns	112	-5.02ns	106	1.57ns	112	-2.30ns	130	3.09ns	130	4.52ns
Severe drought stress	تنش خشکی شدید	1000	-32.57*	868	-31.98*	904	-32.32*	790	2.44ns	748	-2.16*	730	13.53*	1000	1.92ns	772*	-6.25ns

ns and *: = not significant and significant at 5% probability levels, respectively

n و *: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد



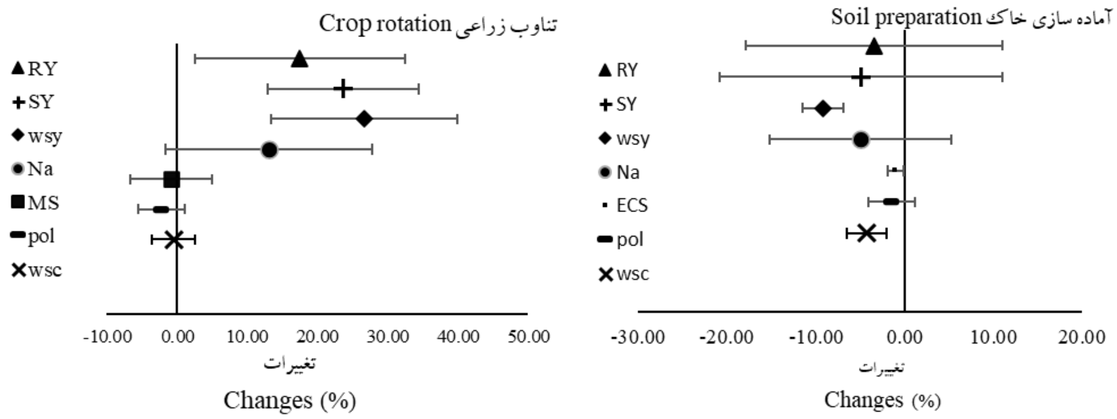
شکل ۱- تغییرات عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص، محتوای سدیم ریشه، قند ملاس، درصد قند ناخالص و درصد قند خالص چغندرقند در فاصله ردیف ۶۰ و ۴۵ سانتی‌متر نسبت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر (شاهد) و فاصله بوته ۱۵ سانتی‌متر در مقایسه با فاصله ۲۰ سانتی‌متر (شاهد)

Fig. 1. Changes of root yield (RY), sugar yield (SY), white sugar yield (WSY), root sodium content (Na), molasses (MS), sugar content (pol) and white sugar content (WSC) of sugar beet in 60 and 45 cm row spaces compared to 50 cm row space (control) and in 15 cm plant space compared to 20 cm plant space (control)

تناوب زراعی و آماده‌سازی خاک

نتایج تجزیه ۲۴ آزمایش با ۶۴ داده مربوط به تناوب زراعی نشان داد که تناوب بقولات- گندم- چغندرقند در مقایسه با تناوب گندم- چغندرقند، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و خالص (به‌ترتیب ۱۷/۵، ۲۴ و ۲۷ درصد شد (شکل ۲ و جدول ۱). تناوب بقولات- گندم- چغندرقند باعث افزایش غیرمعنی‌دار محتوای سدیم ریشه (۱۳ درصد) نسبت به شاهد شد و قند ملاس، درصد قند ناخالص و خالص به‌ترتیب یک، ۲ و ۰/۵ درصد کاهش غیرمعنی‌دار داشتند. تناوب زراعی یکی از روش‌های افزایش حاصلخیزی خاک، افزایش عملکرد و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی است. نوع گیاهان مورد استفاده در تناوب و جایگاه چغندرقند در تناوب بسیار مهم است (Khayamim, 2022). کشاورزان به طور معمول از تناوب گندم- چغندرقند استفاده می کنند. نتایج این فراتحلیل نشان داد که تناوب بقولات- گندم- چغندرقند باعث افزایش چشمگیر عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و قند خالص و در نتیجه درآمد بیشتر برای کشاورز از زراعت چغندرقند خواهد شد. استفاده از گیاهان بقولاتی مانند یونجه در تناوب، باعث افزایش دوره تناوب شده و ضمن افزایش حاصلخیزی خاک، افزایش عملکرد چغندرقند را نیز در بر خواهد داشت. در این تناوب باید توجه داشت که چغندرقند بلافاصله بعد از بقولات کشت نشود، زیرا احتمال آسیب به گیاه در اثر پوسیدگی ریشه بیشتر خواهد شد. کشت غلات بعد از بقولات و قبل از چغندرقند، ضمن کاهش پوسیدگی ریشه، باعث نفوذ بهتر ریشه چغندرقند در خاک خواهد شد (Khayamim, 2022).

فراتحلیل با استفاده از نتایج ۳۷ آزمایش با تعداد ۹۶ داده در مورد روش‌های آماده سازی خاک شامل عملیات خاک‌ورزی سبک و سنگین در پاییز، عملیات خاک‌ورزی سنگین در پاییز و عملیات خاک‌ورزی سبک در بهار با استفاده از کمبینات، دیسک، روتیواتور و پنجه غازی نشان داد که عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص در مقایسه با عملیات خاک‌ورزی سنگین در پاییز و اجرای دیسک و ایجاد ردیف‌های کاشت در بهار (شاهد)، به‌ترتیب ۳/۵ و ۴/۹ درصد کمتر بودند. عملکرد قند خالص ۹/۲ درصد و به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کمتر بود (شکل ۲ و جدول ۱). محتوای سدیم ریشه ۵ درصد، راندمان استحصال یک درصد، درصد قند ناخالص ۱/۵ درصد کمتر از شاهد بودند که این تغییرات معنی‌دار نبودند، اما درصد قند خالص به مقدار ۴ درصد و به صورت معنی‌داری کمتر بود. بنابراین با توجه به اینکه روش‌های مختلف خاک‌ورزی باعث کاهش عملکرد ریشه و قند چغندرقند می‌شوند، بهترین روش عملیات خاک‌ورزی سنگین در پاییز و اجرای دیسک و ایجاد ردیف‌های کاشت در بهار است. البته در این روش انرژی مصرفی بیشتر است و کاهش عملیات خاک‌ورزی باعث افزایش حفاظت از خاک و استفاده بهینه از انرژی و سوخت می‌شود. عملیات کم خاک‌ورزی (بدون به‌هم زدن خاک) باعث کاهش عملکرد ریشه می‌شود و استفاده از ادواتی مانند زیرشکن در پاییز (به‌جای گاوآهن) می‌تواند در بهبود مصرف انرژی موثر باشد (Cavalaris and Gemtos, 2002).



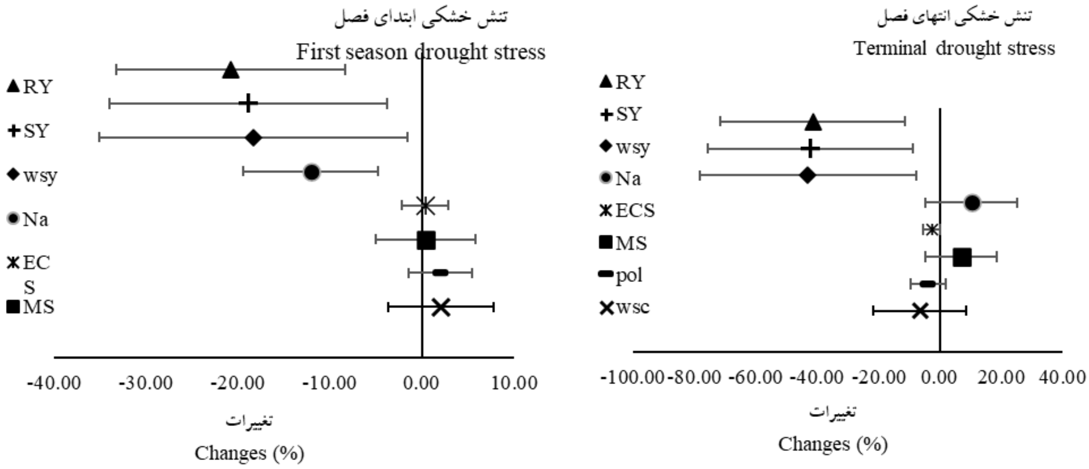
شکل ۲- تغییرات عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص، محتوای سدیم ریشه، راندمان استحصال، قند ملاس، درصد قند ناخالص و درصد قند خالص در تناوب گندم - بقولات - چغندرقند نسبت به تناوب گندم - چغندرقند (چپ) و روش‌های آماده‌سازی‌های خاک برای چغندرقند در مقایسه با روش مرسوم (راست)

Fig. 2. Changes of root yield (RY), sugar yield (SY), white sugar yield (WSY), root sodium content (Na), Purity (ECS), molasses (MS), sugar content (pol) and white sugar content (WSC) of sugar beet in rotation of wheat-legume-sugar beet compared to wheat-sugar beet (left) and soil preparations methods compared to conventional method (right)

آبیاری

فراتحلیل با استفاده از نتایج ۲۹ تحقیق از مجموع ۳۱۰ آزمایش موجود درباره آبیاری نشان داد که تنش خشکی ابتدای فصل؛ بعد از استقرار بوته‌ها، باعث کاهش معنی‌دار عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و خالص (به‌ترتیب ۲۱، ۱۹ و ۱۸ درصد) شد (شکل ۳ و جدول ۱). محتوای سدیم ریشه حدود ۱۲ درصد و به طور معنی‌داری نسبت به شرایط بدون تنش (شاهد)

کمتر بود که این موضوع نشان می‌دهد تنش خشکی ابتدای فصل در کاهش محتوای سدیم ریشه چغندرقند موثر است. تغییرات راندمان استحصال و قند ملاس در شرایط تنش خشکی ابتدای فصل کمتر از نیم درصد و غیرمعنی‌دار بودند. درصد قند ناخالص و خالص حدود دو درصد افزایش داشتند که البته نسبت به شاهد معنی‌دار نبودند. تنش خشکی انتهای فصل باعث کاهش معنی‌دار عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و خالص چغندرقند (به‌ترتیب ۴۲، ۴۲ و ۴۳ درصد) شد (جدول ۱ و شکل ۳). تنش خشکی انتهای فصل باعث افزایش ۱۰ درصد محتوای سدیم ریشه شد که البته معنی‌دار نبود. این موضوع نشان می‌دهد که اثر تنش خشکی ابتدای فصل بر کاهش محتوای سدیم ریشه چغندرقند بیشتر از تنش خشکی انتهای فصل است. تنش خشکی انتهای فصل در مقایسه با تنش ابتدای فصل باعث افزایش مقدار ملاس شده و در نتیجه راندمان استحصال، درصد قند ناخالص و خالص به‌ترتیب ۳، ۴ و ۶ درصد نسبت به شرایط بدون تنش (شاهد) کمتر بودند.



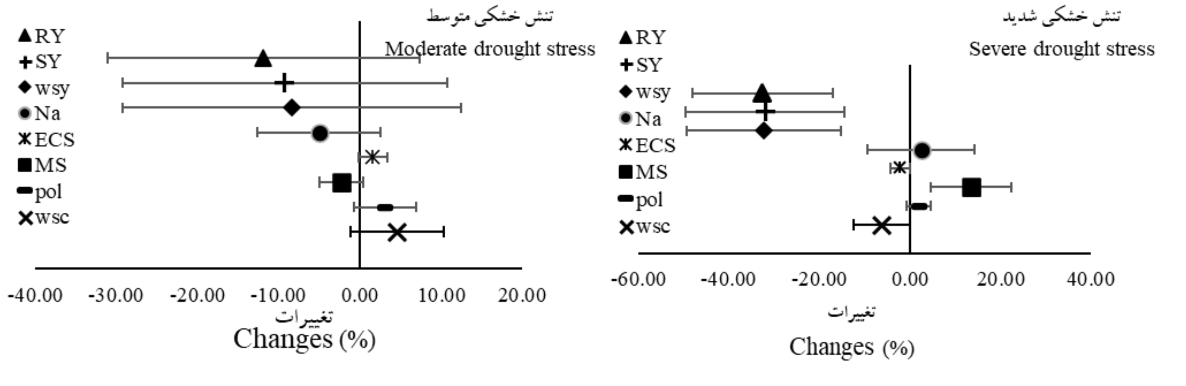
شکل ۳- تغییرات عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص، محتوای سدیم ریشه، راندمان استحصال، قند ملاس، درصد قند ناخالص و درصد قند خالص چغندرقند در شرایط تنش خشکی ابتدای فصل (چپ) و تنش خشکی انتهای فصل (راست) در مقایسه با شرایط بدون تنش

Fig. 3. Changes of root yield (RY), sugar yield (SY), white sugar yield (WSY), root sodium content (Na), Purity (ECS), molasses (MS), sugar content (pol) and white sugar content (WSC) of sugar beet in the first season (left) and terminal drought stress (right) compared to normal condition

فراتحلیل نتایج ۷۰ تحقیق از مجموع ۳۱۰ آزمایش موجود درباره مقدار آب مصرفی نشان داد که تنش خشکی متوسط (آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیه رطوبت یا ۱۲۰ تا ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) باعث کاهش عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و خالص (به‌ترتیب ۱۲، ۹ و ۸ درصد) شد (شکل ۴ و جدول ۱). محتوای سدیم ریشه حدود ۵ درصد و قند ملاس حدود ۲ درصد نسبت به آبیاری کامل کمتر بودند. راندمان استحصال، درصد قند ناخالص و خالص به‌ترتیب ۲، ۳ و ۵ درصد نسبت به شاهد بیشتر بودند که البته هیچ کدام از آنها معنی‌دار نبودند. این موضوع نشان می‌دهد که تنش متوسط خشکی اثر معنی‌داری بر عملکرد ریشه، راندمان استحصال، درصد قند و ناخالصی‌های چغندرقند ندارد. تنش خشکی شدید (آبیاری پس از ۱۰۰ درصد تخلیه رطوبت و یا ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک) در مقایسه با آبیاری کامل

باعـث کـاهش معنـی‌دار عملکـرد ریشـه، عملکـرد قنـد ناخـالص و خـالص چغندرقنـد (بـه‌ترتیـب ۳۳، ۳۲ و ۳۲ درصد) شد (جدول ۱ و شکل ۴). تنش شدید نیـز ماننـد تنش متوسـط اثـر معنـی‌داری بـر محتـوای سـدیم ریشـه نداشـت و مقـدار سـدیم حـدود ۲ درصـد بیشـتر بـود. براساس نتایج بـه‌دسـت آمـده، فقـط اثـر تـنش خشـکی ابتدای فصل روی میزان سدیم ریشه معنی‌دار بود. تـنش خشـکی شـدید باعـث کـاهش رانـدمان استحصـال (۲ درصد) و افزایش معنـی‌دار قنـد مـلاس (۱۴ درصـد) شد و باعث کاهش ۶ درصد در میزان قند خالص ریشـه چغندرقند شد.

نتایج فراتحلیل نشـان داد کـه تـنش خشـکی ابتـدای فصل (پـس از اسـتقرار بوتـه‌هـا) ضـمن کـاهش اجـزای عملکـردی چغندرقنـد، باعـث کـاهش ۱۲ درصـدی محتـوای سـدیم ریشـه شـد. سـدیم همـراه بـا پتاسـیم از عناصـر مهـم در تبـادل کـاتیونی اسـت کـه بـه راحتـی جایگزین پتاسیم می‌شود و در گیاهانی مانند چغندرقنـد، در افزایش محتوای آب سلول‌های برگ، تنظیم فعالیـت سلول‌های محافظ روزنـه، بهبـود وضـعیت آب گیـاه در شـرایط تـنش و افـزایش سـطح بـرگ‌هـا مـوثر اسـت (Przemysław, 2013). در منـــاطقی ماننـــد انگلســـتان مشـــاهده شـــده اســـت کـــه در ابتـــدای فصـــل رشـــد (اردیبهشت) محتوای سدیم ریشه چغندرقند زیاد بوده و در خـــرداد تـــا انتهـــای فصـــل، مقـــدار آن کـــاهش می‌یابـد(Hoffman and Kluge-Severin, 2011). کـاهش محتـوای سـدیم و پتاسـیم ریشـه در طـی فصـل رشـد چغندرقند در شرایط اقلیمی ایران نیز گزارش شده است (Anonymous, 2013). بـه‌نظـر مـی‌رسـد کـه در شـرایط تنش خشکی کاهش محتوای سدیم بـرای بازیـابی رشـد گیاه انجام می‌شود. کاهش عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخـــالص و خـــالص در شـــرایط تـــنش خشـــکی در آزمایش‌هـای مختلـف گـزارش شـده اسـت، امـا نتیجـه تجزیه فراتحلیل روی تحقیقـات انجـام شـده در موسسـه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند و کشور طـی ۲۳ سـال نشـان داد کـه تـنش خشـکی انتهـای فصـل باعـث کاهش حدود ۳۰ درصد و تنش خشکی شدید (آبیـاری پس از تخلیه ۱۰۰ درصد رطوبت خـاک و یـا ۲۰۰ میلـی متر تبخیر از تشتک تبخیر) باعث کاهش حدود ۴۰



شکل ۴- تغییرات عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص، محتوای سدیم ریشه، راندمان استحصال، قند ملاس، درصد قند ناخالص و درصد قند خالص چغندرقند در تنش متوسط (چپ) و تنش شدید خشکی (راست) در مقایسه با شرایط بدون تنش

Fig. 4. Changes of root yield (RY), sugar yield (SY), white sugar yield (WSY), root sodium content (Na), Purity (ECS), molasses (MS), sugar content (pol) and white sugar content (WSC) of sugar beet in moderate (left) and severe drought stresses (right) compared to normal condition

درصد اجزای عملکرد چغندرقند می‌شوند. این مقدار کاهش عملکرد باعث کاهش تولید شکر و کاهش درآمد کشاورزان خواهد شد، بنابراین مدیریت آبیاری بسیار مهم بوده و می‌تواند در بهره‌وری آب بسیار موثر باشد. نتایج یک تحقیق مدل‌سازی عملکرد چغندرقند در منطقه خراسان نشان داد که عملکرد واقعی کشاورزان (۳۳/۵ تن در هکتار) تنها یک‌سوم عملکرد قابل حصول (۹۷/۳ تن در هکتار) بوده و پایین بودن بهره‌وری آب آبیاری (۱/۸ تا ۳/۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب) در منطقه مورد مطالعه نشان دهنده عدم مدیریت صحیح آبیاری، به‌رغم مصرف بالای آب در برخی از شهرستان‌ها و کاهش بهره‌وری مصرف آب و وقوع تنش خشکی در طول فصل رشد بود (Mohammadi-Ahmadmahmoudi *et al.*, 2019). مصرف زیاد آب و آبیاری غرقابی مهم‌ترین عوامل مدیریتی در افزایش محتوای سدیم ریشه چغندرقند شناخته شده‌اند. بر اسن اساس هر عاملی که باعث کاهش تهویه خاک شود، باعث افزایش محتوای سدیم ریشه و کاهش کیفیت و ضریب استحصال قند از ریشه چغندرقند خواهد شد. این موضوع نشان می‌دهد که چندین عامل در افزایش محتوای سدیم ریشه و در نتیجه کاهش درصد قند قابل استحصال و کیفیت چغندرقند موثر هستند (Noshad and Khayamim, 2017).

نتیجه‌گیری

بالا بودن محتوای سدیم ریشه همواره یکی از مشکلات کیفی محصول چغندرقند بوده است. بر این اساس در تحقیق حاضر ضمن استفاده از نتایج تحقیقات انجام شده، نقش برخی از عوامل موثر بر محتوای سدیم ریشه در قالب تجزیه فراتحلیل مورد ارزیابی قرار گرفت. فراتحلیل روی اطلاعات ۲۳ ساله حاصل از پروژه‌های تحقیقاتی اجرا شده در مناطق مختلف کشور، سهم عواملی که اثر معنی‌داری بر عملکرد و کیفیت ریشه چغندرقند، به‌ویژه محتوای سدیم ریشه، داشتند، مشخص شد. در بین عوامل مورد بررسی شامل تناوب زراعی، آماده سازی خاک، فاصله ردیف‌های کاشت و فاصله بوته‌ها روی ردیف، آبیاری شامل تنش خشکی ابتدا و انتهای فصل و تنش متوسط و شدید، بیشترین اثر مثبت بر صفات ریشه مربوط به رعایت تناوب زراعی بود. تناوب زراعی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و خالص (به‌ترتیب ۱۷/۵، ۲۳/۷ و ۲۶/۷ درصد) شد. تناوب بقولات- گندم- چغندرقند نسبت به تناوب مرسوم گندم– چغندرقند، باعث افزایش اجزای عملکرد چغندرقند در حدود ۲۰ درصد شد. روش‌های آماده‌سازی خاک و استفاده از ادوات مختلف اثر معنی‌داری بر صفات چغندرقند نداشتند و بهترین روش آماده‌سازی خاک، شخم یا زیر شکن در پاییز و اجرای عملیات سبک شامل دیسک و ایجاد ردیف‌های کاشت در بهار شناخته شدند. فاصله ردیف ۴۵ سانتی‌متر با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر تفاوت معنی‌داری نداشت، اما افزایش فاصله ردیف کاشت به ۶۰ سانتی‌متر به‌علت کاهش تراکم بوته‌ها، باعث کاهش معنی‌دار عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص و خالص به‌مقدار ۶ تا ۱۰ درصد شد. تغییر فاصله بوته‌ها از ۲۰ سانتی‌متر به ۱۵ سانتی‌متر نیز اثر معنی‌داری بر صفات چغندرقند نداشت.

نتایج فراتحلیل نشان داد که تنش خشکی ابتدای فصل باعث کاهش محتوای سدیم ریشه (۱۲ درصد) چغندرقند شد. در ایران کشاورزان معمولا آخرین آب آبیاری (دان‌آب) را به مصرف مزارع گندم می‌رسانند و ممکن است آب مزرعه چغندرقند را قطع کنند. در صورتی‌که قطع آب در ابتدای فصل و بعد از استقرار بوته‌های چغندرقند انجام شود، وقوع تنش خشکی ضمن کاهش محتوای سدیم ریشه در طول فصل، باعث کاهش عملکرد ریشه، قند خالص و ناخالص نیز خواهد شد، اما مقدار کاهش عملکرد در مقایسه با تنش خشکی انتهای فصل کمتر خواهد بود. تنش خشکی انتهای فصل در مقایسه با شرایط بدون تنش، باعث بیشترین مقدار کاهش

در صفات کمی ریشه چغندرقند شد. مقدار کاهش عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و خالص به‌ترتیب ۴۲، ۴۲ و ۴۳ درصد بودند. برخی از کشاورزان برای افزایش درصد قند ناخالص (شیرین شدن چغندرقند دراصطلاح عامیانه) نسبت به قطع آبیاری در اواخر فصل رشد اقدام می‌کنند. این اقدام باعث کاهش شدید عملکرد و در نتیجه عملکرد شکر خواهد شد، بنابراین قطع آبیاری در مراحل رسیدگی تکنولوژیکی چغندرقند قابل توصیه نیست. تنش خشکی متوسط (آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیه رطوبت یا ۱۲۰ تا ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) در مقایسه با آبیاری کامل اثر معنی‌داری بر عملکرد و کیفیت چغندرقند نداشت. تنش خشکی متوسط باعث کاهش ۸ تا ۱۲ درصدی اجزای عملکرد چغندرقند شد، اما این کاهش معنی‌دار نبود. با توجه به اینکه درصد قند ناخالص و خالص بر مبنای وزن تر ریشه محاسبه می‌شوند، عملکرد ریشه حدود سه درصد افزایش یافت، بنابراین به‌منظور کاهش مصرف آب، می‌توان مصرف آب را پس از ۷۰ درصد از تخلیه رطوبت خاک انجام داد و به این ترتیب ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب، مقدار عملکرد هم کاهش چندانی نخواهد داشت. تنش خشکی شدید باعث کاهش عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و قند خالص به‌مقدار ۳۳، ۳۲ و ۳۲ درصد شد، بنابراین با مدیریت صحیح آبیاری در دوره رشد گیاه چغندرقند می‌توان عملکرد اقتصادی مناسبی بدست آورد.

عواملی مانند شرایط اقلیمی، نوع رقم و سایر عوامل مدیریتی مانند زمان کاشت، مقدار و نوع کودهای مصرفی، آفات و بیماری‌ها نیز بر محتوای سدیم ریشه، ناخالصی‌ها و در نتیجه قند قابل استحصال چغندرقند اثر دارند که با استفاده از روش فراتحلیل می‌توان جهت تعیین میزان اثر آن‌ها استفاده کرد.

سپاسگزاری

نگارندگان از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند بابت حمایت از اجرای این پروژه با کد مصوب ۹۸۰۴۵۳-۰۲۷-۰۲-۰۲-۲ سپاسگزاری می‌نمایند.

منابع مورد استفاده References

Abdollahian Noghabi, M. 2004. Investigation on sugar beet impurities in Iran. Final Report. 22492. Sugar Beet Seed Institute. [In Persian].

Anonymous. 2013. Standards for root yield potential of sugar beet and loss assessment in sugar beet fields. Agricultural Insurance Fund. [In Persian].

Cavalaris, C. C. and Gemtos, T. A. 2002. Evaluation of tillage efficiency and energy requirements for five methods of soil preparation in the sugar beet crop. EE & AE'2002 International Scientific Conference, Apr. 4-6. 2002, Rousse, Bulgaria.

Draycott, A. P. 2006. Sugar Beet. Black Well Publishing. DOI: 10.1002/9780470751114.

Draycott, A. P. and Christenson, D. R. 2003. Nutrients for sugar beet production. Soil Plant Relationships, CABI Publishing. 242 pages. https://doi.org/10.1002/jsfa.1900

Eskandar A. A., Muna, A. and Sur, S. A. 2020. Meta-analysis for agriculture researches (Review). *Mesopotamia Journal of Agriculture,* 48(4), pp.21-32. https://doi.org/10.33899/MAGRJ.2020.127947.1064Download

Fasahat, P., Aghaeezadeh, M., Kakueinezhad, M. and Jabbari, L. 2021. Meta-Analysis of root yield and

sugar yield of sugar beet genotypes in Karaj region. *Plant Productions,* 44(3), pp.357-368. [In Persian]. https://doi.org/10.22055/ppd.2020.32307.1870

Glass, G. V. 1976. Primary, Secondary and Meta-analysis. *Educational Research,* 5(10). https://doi.org/10.3102/0013189X005010003

Grove, T., Holy, M., Cattanch, A. and Christenson, J. 2018. Narrow row sugar beet production. https://www.sbreb.org/wp-content/uploads/2018/09/NarrowRowSugarbeet.pdf. American Crystal Sugar Company.

Gurevitch, J. and Hedges, L.V. 1999. Statistical issues in ecological meta-analyses. *Ecology,* 80, pp.1142-1149. https://doi.org/10.2307/177061

Hedges, L. V. and Olkin, I. 1985. Statistical Methods for Meta-Analysis. Academic Press, New York, USA. https://www.jstor.org/stable/177062

Hoffmann C. M., Kluge-Severin, S. 2011. Growth analysis of autumn and spring sown sugar beet. *European Journal of Agronomy,* 34, pp.1–9. https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.09.001

Huang, S., Zeng, Y., Wu, J., Shi, Q. and Pan, X. 2013. Effect of crop residue retention on rice yield in China: A meta-analysis. *Field Crops Research,* 154, pp.188-194. https://doi.org/10.1016/J.FCR.2013.08.013

ISFS. 2022. Yield statistic tables of sugar factories in Iran. Iranian Sugar Factories Syndicate (ISFS) [In Persian]. Available at: http://www.isfs.ir/amalkard1.htm

Khayamim, S. 2022. Improving Sugar beet production under salinity condition. pp. 459-471. *In*: Misra, V. *et al*. (Eds.), Sugar Beet Cultivation, Management and Processing. Springer Nature Singapore Pte. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2730-0_23

Knox, J., Daccache, A., Hess, T. and Haro, D. 2016. Meta-analysis of climate impacts and uncertainty on crop yields in Europe. *Environmental. Research. Letter,* 11(2016), 113004. https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/11/113004

Linquist, B. A., Liu, L., van Kessel, C. and van Groenigen, K. J. 2013. Enhanced, efficiency nitrogen fertilizers for rice systems: Meta-analysis of yield and nitrogen uptake. *Field Crops Research,* 154, pp.246-254. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.08.014

Lu, M., Zhou, X., Luo, Y., Yang, Y., Fang, C., Chen, J. and Li, B. 2001. Minor stimulation of soil carbon storage by nitrogen addition: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 140(1-2), pp.234-244. https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.12.010

Osenberg, C. W., Sarnelle, O., Cooper, S. D. and Holt, R. D. 1999. Resolving ecological questions through meta-analysis: goals, metrics, and models. *Ecology,* 80, pp.1105–1117. https://doi.org/10.2307/177058

Mikolajewicz, N. and Komarova, S. V. 2019. Meta-Analytic methodology for basic research: A practical guide. *Frontiers in Physiology,* 10, pp.203. https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00203

Mohammadi-Ahmadmahmoudi, E., Deihimfard, R. and Noori, O. 2019. Assessment of water productivity

and supply: demand ratio index in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Khorasan Razavi province, Iran using growth simulation models. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 21(3), pp.268-282. [In Persian]. https://agrobreedjournal.ir/article-1-1060-fa.html

Noshad, H. and Khayamim, S. 2017. Soil management in control of root sodium and increase of sugar beet root quality. 15th Iranian Soil Science Congress. Aug. 28-30, Isfahan University of Technology. Isfahan, Iran [In Persian].

Noshad, H., Babaee, B., Sheikholeslami, R. and Orazizadeh, M. R. 2006. Effect of year and waterlogging on sodium uptake by sugar beet root. 28th seminar of Sugar Factory Society of Iran. Mashhad. [In Persian].

Przemysław B. 2013 .The soil Na concentration as a background of fertilizer Na recommendation: A case of sugar beet, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science,* 63(3), pp.206-218. https://doi.org/10.1080/09064710.2012.751450

Reinefeld, E., Emmerich, A., Baumgarten, G., Winner, C. and Beiss, U. 1974. Zur voraussage des melassezuckers aus rubenanalysen. *Zucker*, 27, pp.2-15.

Soltani, E. and Soltani, A. 2014. Necessity of using meta-analysis in field crops researches. *Crop Production*, 7(3), pp.206-213. [In Persian]. 20.1001.1.2008739.1393.7.3.12.9

Stouffer, S. A. 1949. A study of attitudes. *Scientific American Magezine,* 14(5), pp.11–15. https://doi.org/10.1038/scientificamerican0549-11

Taleghani, D. 2021. Meta-analysis of some effective factors on quality and quantity characteristic of sugar beet. Final Report 58101. Sugar Beet Seed Institute. [In Persian].

Valkama, E., Risto, U., Ylivainio, K., Virkajarv, P. and Turtola, E. 2009. Phosphorus fertilization: A meta-analysis of 80 years of research in Finland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 130(3-4), pp.75-85. https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2008.12.004

Wang, L., Feng, Z. and Schjoerring, J. K. 2013. Effects of elevated atmospheric O_2 on physiology and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.): A meta-analytic test of current hypotheses. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 178, pp.57–63. https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2013.06.013